

イタリア・ブラーノ島教会調査

－レンガの塩類劣化－

日大生産工 ○湯浅 昇 建築研究所 濱崎 仁
 名古屋市立大学 青木孝義 名古屋大学 丸山一平

1. はじめに

イタリア・ヴェネツィアの潟（写真-1）は、アドリア海北部の潟のひとつで、ヴェネト州の海岸沿いにある。現在は南方にあるポー川からの土砂が堆積し、砂州や潟が出来てきていったもので、15、16世紀以降、潮が引くと所々に小さな島のような泥地が点在する干潟とする努力がなされ、さらに、泥のような島に無数の直径20cm程度、長さ2～5mの木杭（カラムツ・カシ）を打ち、その上に石とレンガの土台を作り、人が住めるようにしていった。

このような地盤の上に建つレンガ構造物にみられる問題点として、その重さが故の不同沈下が挙げられ、特に塔の多くは斜塔となっている。また、土壌・木杭を通してレンガまで吸い上げられる塩分を起因としたレンガの塩類風化とは呼ばれる劣化が問題となっている。

筆者らは、平成23年より、文部科学省科学研究費補助金基盤研究A「ラクイラ震災被害における文化遺産建築の修復・補強と保護に関する調査・研究」の中で、ヴェネツィアの斜塔の安全性評価、レンガの塩類風化調査を実施してきた。

ここでは、平成24年9月に実施したヴェネツィアを構成するひとつの島であるブラーノ島の斜塔（写真-2）を含む教会の建物調査のうち、レンガの擁壁の塩類風化に関する調査について報告するものである。



写真-1 ヴェネツィア潟の衛星画像

2. 地盤の構成

ヴェネツィアの地盤は、図-1に示すように、直径20cm程、長さ2～5mの木杭（カラムツ・カシ）をカラント層（圧縮されて固くなった粘土層）に隙間なく大量に打ち込み成り立っている。



写真-2 ブラーノ島教会の斜塔



図-1 ヴェネツィア建築の基礎



写真-3 レンガの塩類風化（全景）



写真-4 レンガの塩類風化（劣化部拡大）



写真-5 表面で析出した塩



写真-6 塩類風化で破壊されたレンガ

木杭の頭は水面下で、常に地下水に浸っているので腐ることはなく、木杭の上に木の厚板を何層も重ね、その上にイストリア石を何層もセメントで固めながら積んでいる。この上に、建築物が構築されている。

た。①地面から50cm程度の高さまではレンガ表面に塩類の析出があるもののレンガの破壊は少ない層、②地面から50cm～100cm程度の高さはレンガの破壊が激しい層、③地面から100cm～150cm程度の高さはレンガ表面に塩類の析出があるもののレン

3. 塩類風化

レンガの塩類風化（一例として、写真-3、写真-4）は、土壌やレンガ内部の水分がレンガの表面近くまで運ばれる際に塩類が析出（写真-5）・レンガ内部で結晶が成長することによって応力が生じ、その膨張圧でレンガが破壊さる現象（写真-6）である。

4. ブラーノ島教会擁壁レンガの塩類風化と塩化物イオン量

写真-7は、測定対象とした擁壁レンガの塩類風化状況である。写真-8に示すように、地面からの距離に応じた劣化状況であっ



写真-7 教会擁壁レンガの塩類風化

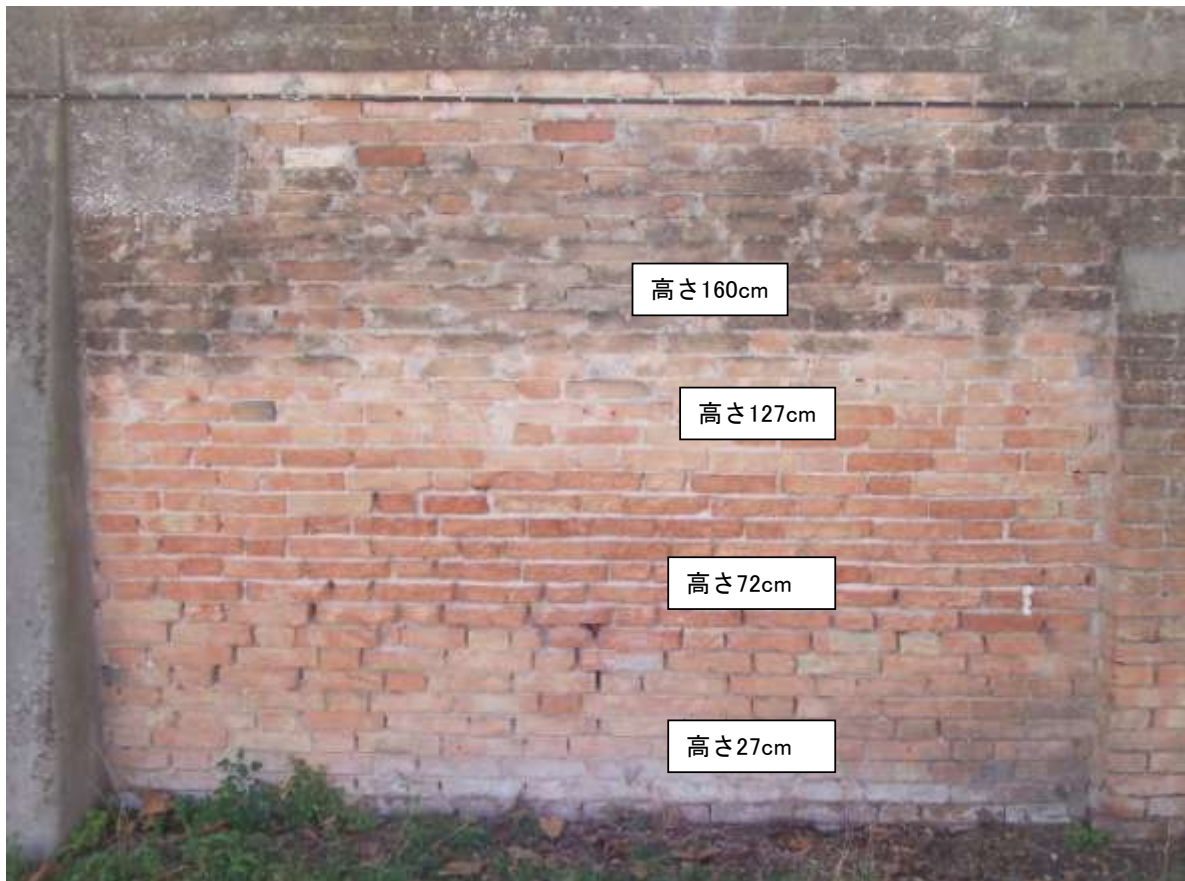


写真-8 塩類風化の高さによる違い

ガの破壊は少ない層、④150cm程度以上では、塩類の析出がみられずレンガに汚れが目立つ層に大別できた。

次に、文献1)に準じて、写真-9に示すように、 $\phi 10\text{mm}$ ドリル削孔粉を高さ27cm、72cm、127cm、160cmにおいて、深さ0～15mm、15～30mm、30～50mm毎に採取した。なお、全塩化物イオン量の測定は、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に従い、電位差滴定により行い、試料中の塩化物イオン濃度(%)として整理した。

図-2は、地面からの高さ別に、塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を示したものである。また、図-3は、深さ別に、塩化物イオン濃度の高さ方向の分布を示したものである。

劣化の激しかった高さ72mmでの塩化物イオン濃度が表層から内部まで一番高かった。一方、地面から高さ27cmの層の塩化物イオン濃度は小さく、塩類風化を受けていないと目視で思われた160mmの層よりも小さい結果となった。地面から吸い上げられた塩化物イオンは、この層で濃縮せず上方に移動していると考えられる。



写真-9 ドリル削孔状況

写真-10、写真-11、写真-12は、高さ72cmにおけるレンガ劣化部(表層0～15mm)の走査型電子顕微鏡像である。結晶が個々に分かれ空隙が多いことがわかる。今後結晶の形成メカニズムについて検討していきたい。

5. まとめ

イタリア・ヴェネツィアを構成するブラーノ島教会における擁壁レンガの塩類風化について、調

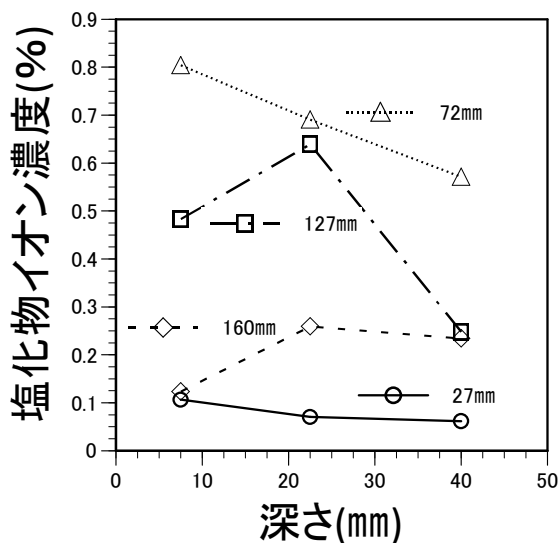


図-2 高さ別塩化物イオン濃度分布

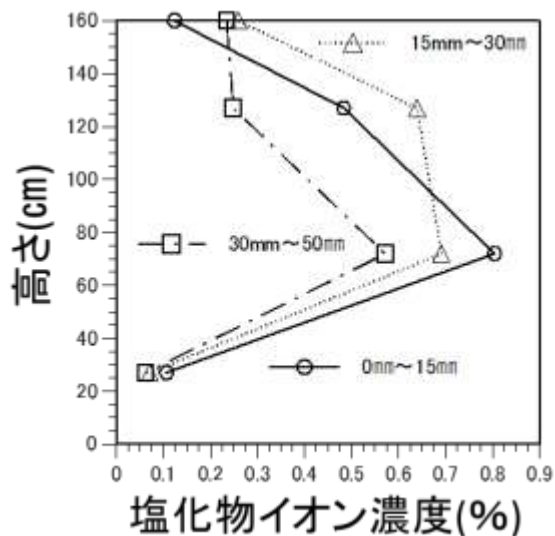


図-3 深さ別塩化物イオン濃度分布

査により次のことが明らかになった。

- (1) 地面からの高さ方向に劣化状況は異なり、地面から50cm程度の高さまではレンガ表面に塩類の析出があるもののレンガの破壊は少なく、地面から50cm～100cm程度の高さではレンガの破壊が激しかった。地面から100cm～150cm程度の高さではレンガ表面に塩類の析出があるもののレンガの破壊は少なく、150cm程度以上では、塩類の析出がみられずレンガに汚れが目立つ層であった。
- (2) 高さ方向の劣化状況の相違に対応し、劣化が激しかった層の塩化物イオン濃度は高く、その層よりも低い層の塩化物イオン濃度は低かった。
- (3) 高さ72cmの劣化層から採取した試料の走査型電子顕微鏡像により結晶が個々に分かれ多くの空隙が確認できた。

参考文献

- 1) 湯浅 昇：塩化物イオン量測定結果に及ぼす採取コア径及び採取ドリル径の影響、日本非破壊検査協会、シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集、Vol. 4、pp. 363-366、2012. 8

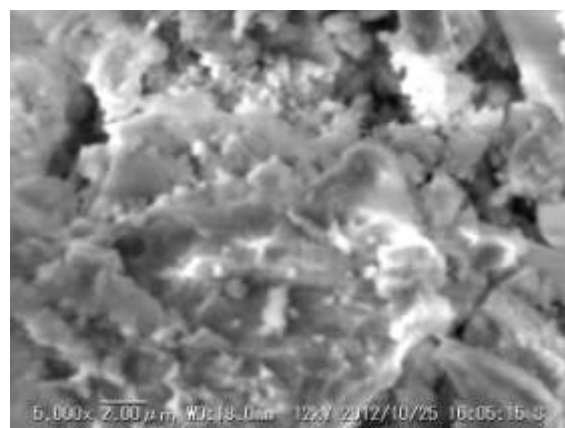


写真-10 劣化部の走査型電子顕微鏡像 1

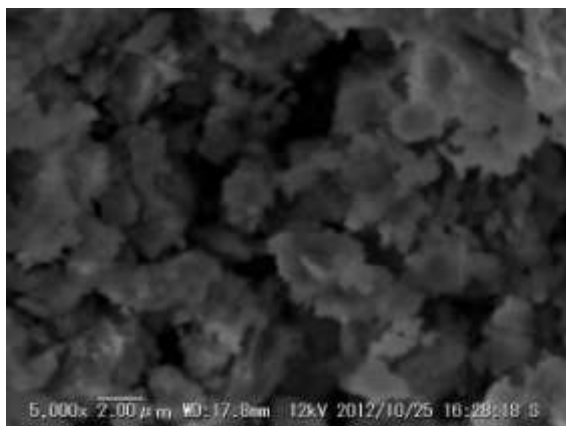


写真-11 劣化部の走査型電子顕微鏡像 2

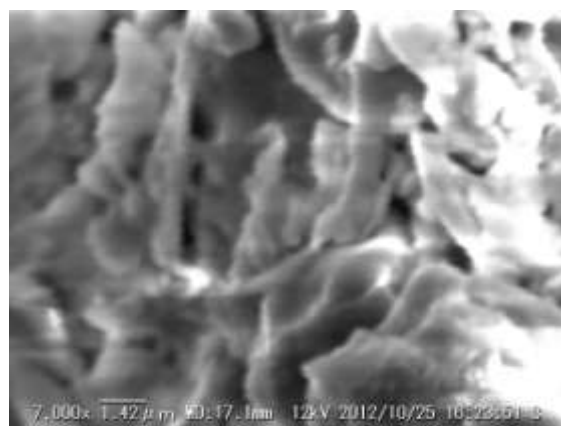


写真-12 劣化部の走査型電子顕微鏡像 3